Aus der Medizinischen Poliklinik der Universität Bonn.
Direktor: Professor Dr. Bürger.

Respiratorische Arhythmie und Alter.

INAUGURAL-DISSERTATION

zur

Erlangung der Doktorwürde

der Hohen Medizinischen Fakultät

der Rheinischen Friedrich Wilhelms-Universität zu Bonn.

Vorgelegt am 15. November 1937

von

Walter Buschmann

aus Oberhausen-Buschhausen Rhld.

BONN 1938
Anton Brand, Bonn.

Gedruckt
mit Genehmigung der medizinischen Fakultät
der Universität Bonn.

Referent: Doz. Dr. Schlomka.
Korreferent: Prof. Dr. Martini.

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Meiner Mutter!

Im Gegensatz zu den regelmäßigen Beschleunigungen oder Verlangsamungen der Schlagfrequenz des Herzens durch Einwirkung des Nervus Accelerans bzw. des Nervus Vagus bei körperlichen Anstrengungen oder psychischen Affekten ist als häufigste Erscheinung die ungleichmäßige, aber in mehr oder weniger regelmäßigen Zeitabschnitten schwankende Rhythmusänderung des Herzschlages bemerkenswert, die man respiratorische Arhythmie bezeichnet. Als Ursache werden Tonusschwankungen in extracardialen Nerven angesehen. Dem Nervus Vagus wird dabei eine besondere Bedeutung zugemessen, denn bei Ausschaltung des Vagus nach Durchschneidung oder Darreichung vagushemmender Mittel wird die respiratorische Arhythmie aufgehoben.

Bis in die jüngste Zeit hinein war nun die Meinung vorherrschend, daß eine leichte respiratorische Arhythmie physiologisch, eine starke dagegen pathologisch sei. Daß letztere Ansicht dagegen zu Unrecht besteht, beweisen die Untersuchungen von Schlomka und Reindell, die an gesunden Sportlern und Nichtsportlern zeigten, daß eine ausgesprochene respiratorische Arhythmie jedenfalls nach körperlichen Anstrengungen durchaus nicht krankhaft, sondern als normal anzusehen ist.

Die Versuche von Schlomka und Reindell wurden so durchgeführt, daß zunächst die Stärke der respiratorischen Arhythmie aus dem Ruheelektrokardiogramm mit Hilfe eines Index zahlenmäßig festgestellt wurde. Danach ließ man die zu Untersuchenden leichtere Belastungen machen, und der jetzt festgestellte Rhythmusindex ergab bei allen fast um das Doppelte erhöhte Werte. In einem dritten Versuch ließ man die Sportler einen langen Lauf machen und konnte danach ein Absinken des Index unter den Ruhewert feststellen. Diese

Tatsache wurde so gedeutet, daß das durch den langen Lauf erheblich angestrengte Herz im Sinne einer Ermüdung nur noch wenig ansprechbar sei.

Auch nach Mackenzie ist die respiratorische Arhythmie als physiologischer Vorgang anzusehen. Er untersuchte die resp. Ar. bei Patienten mit einer abheilenden Endocarditis und stellte dabei fest, daß die Stärke der resp. Ar. parallel ging mit der Besserung der Herzaffektion. Umgekehrt konnte er bei schweren Herzerkrankungen ein Fehlen bzw. ein starkes Nachlassen der resp. Ar. beobachten. Ähnlich sind die Beobachtungen von Lommel, der ebenfalls zu dem Schluß kommt, daß die resp. Ar. kein Zeichen eines geschädigten Herzens ist. Auch nach Dehio und Müller soll bei Herzschädigungen die resp. Ar. weniger ausgeprägt sein.

Wie ist nun die resp. Ar. zu erklären? Es stehen sich hier mehrere Ansichten gegenüber.

E. Hering rief durch Aufblasen der Lungen bei Hunden eine Zunahme der Herzschlagfrequenz hervor. Er glaubt deshalb, daß die Volumänderung der Lunge und die damit verbundene Reizung von sensiblen Nervenfasern das auslösende Moment der Schlagfrequenzänderung des Herzens ist.

Heymanns und andere Autoren sehen ausschlaggebende Faktoren der respiratorischen Arhythmie im Zentralnervensystem derart, daß die resp. Ar. zentral gesteuert wird.

Bainbridge glaubt, die resp. Ar. käme dadurch zustande, daß durch die Druckschwankungen in den venösen Zuflußgebieten des Herzens bzw. im rechten Vorhof bei der Inspiration und Exspiration reflektorisch über die Bahnen der Gefäßnerven die Schlagfrequenz des Herzens beeinflußt wird. Durch die Einatmung wird der Zufluß des Blutes aus dem großen Kreislauf gefördert sowohl durch die Verminderung des Druckes im Brustkorb und die dadurch entstehende Saugwirkung, als auch durch die Druckwirkung auf die Bauchorgane und somit Auspressung derselben, besonders der Leber und der Milz. Es wird dem rechten Herzen während der

Einatmung also mehr Blut zugeführt als in der Ruhe. Bei der Ausatmung ist das Gegenteil der Fall. Durch die exspiratorische Erhöhung des intrathorakalen Druckes wird die Blutzufuhr zum rechten Herzen gehemmt, d. h. also, daß das Herz bei der Inspiration stärker aufgefüllt wird als bei der Exspiration. Durch die stärkere inspiratorische Füllung des rechten Herzens und der zuführenden Venen werden zwangsläufig auch die Wände stärker gedehnt. Derartige Änderungen im Füllungszustand des rechten Vorhofes und dadurch bewirkte Dehnungsänderung der Vorhofswand sind nach Bainbridge der adaequate Reiz für spezifische, in der Vorhofswand gelegene Rezeptoren eines zentral die Schlagfolge des Herzens beeinflussenden oder steuernden Reflexes. Dieser Reflex soll derart wirken, daß stärkere Füllung und damit Dehnung der venösen Einflußgebiete eine Schlagfrequenzzunahme, herabgesetzte Füllung dagegen eine Abnahme derselben zur Folge hat. Es würde dies bedeuten, daß die respiratorische Arhythmie einen zweckmäßigen Vorgang darstellt, welcher die Herzschlagfolge dem in den einzelnen Atemphasen wechselnden Blutgehalt an das Herz anpaßt. Eine solche Deutung entspricht daher am besten den von Schlomka und Reindell gemachten Beobachtungen.

Die Annahme, daß die respiratorische Arhythmie vom Füllungsgrad des rechten Herzens abhängt und nicht, wie man früher glaubte, Atmung und Herzarhythmie zentral gesteuert werden, wird durch einen weiteren Versuch von Schlomka und Reindell gestützt, denn auch bei passiver Mehrfüllung des rechten Vorhofes, nämlich durch Druck auf das Abdomen, wodurch das dort befindliche Blut zum Teil in das rechte Herz gepreßt wird, konnte eine Zunahme der Schlagfrequenz unabhängig von der Atmung festgestellt werden.

Ungeklärt in diesem Zusammenhange bleibt u. a. die Tatsache, daß im allgemeinen die respiratorische Arhythmie bei älteren Leuten abnimmt. Voraussetzung einer Beant-

wortung dieser Frage ist aber zunächst eine ausreichende Kenntnis der Altersabhängigkeit der respiratorischen Arhythmie. Es wurde mir deshalb die Aufgabe gestellt, mit Hilfe des von Schlomka angegebenen Arhythmie-Index zunächst einmal das Verhalten der respiratorischen Arhythmie in den verschiedenen Lebensaltern bei Herzgesunden zahlenmäßig festzulegen.

Methode.

Es standen mir zu meinen Untersuchungen Elektrokardiogramme zur Verfügung, die in den letzten vier Jahren, von 1932 bis 1936, von herzgesunden Personen in der Ruhe und im Liegen in der Poliklinik hergestellt wurden.

Die zahlenmäßige Kennzeichnung des Ausmaßes der respiratorischen Arhythmie geschah dann in folgender Weise: Von der in einem bestimmten Zeitabschnitt von 20 bis 30 Schlägen enthaltenden längsten Pulszeit (p max) wurden jeweils 4 (= n) summiert und davon der Betrag von den vier entsprechenden kürzesten Schlagintervallen (p min) abgezogen. Ist der so gewonnene Ausdruck $\sum_{o}^{n=4} p\ max - \sum_{o}^{n=4} p\ min$ durch n (= 4) × dem, dem betreffenden Elektrokardiogrammstück zugehörigen mittleren Schlagintervall p_m dividiert worden, ergibt sich als Rhythmusindex (RJ) der Ausdruck:

$$RJ = 100 \frac{\sum_{o}^{n=4} p\ max - \sum_{o}^{n=4} p\ min,}{n \cdot p_m}$$

welcher somit die durchschnittliche Differenz dividiert und das kleinste Schlagintervall angibt in Prozent der zugehörigen mittleren Pulszeit.

Zur Untersuchung wurden Elektrokardiogramme benutzt von Personen im Alter von 6 bis 90 Jahren. Elektrokardiogramme von Kindern unter 6 Jahren standen mir leider nicht zur Verfügung.

Ergebnisse.

I.

Da es schwierig ist, die Rhythmusindices von Personen in einzelnen Altersjahrgängen miteinander zu vergleichen, habe ich zum Vergleich jeweils Altersgruppen von 10 Jahren herangezogen.

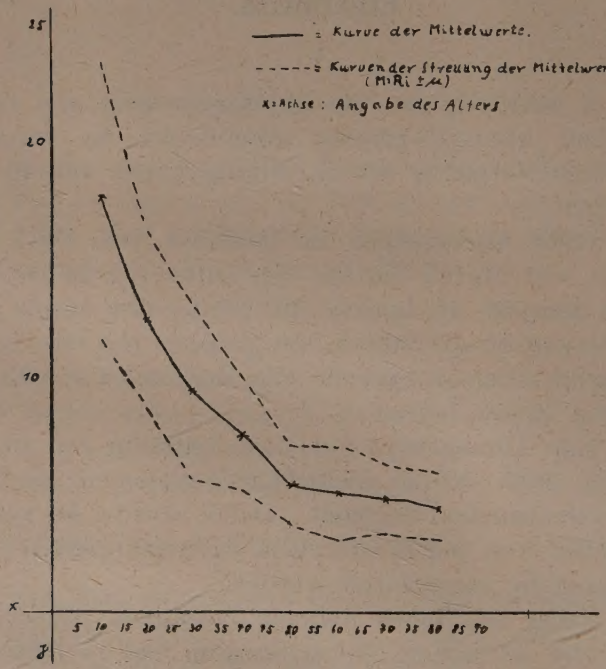
Die erste Altersgruppe ist demnach von 6—15 Jahren, die zweite von 16—25 Jahren, die dritte von 26—35 Jahren, die vierte von 36—45 Jahren, die fünfte von 46—55 Jahren, die sechste von 56—65 Jahren, die siebente von 66—75 Jahren und die achte Altersgruppe, die eine Zeitspanne von 15 Jahren umfaßt, von 76—90 Jahren.

Für jede Altersgruppe mit dem Zeitraum von 10 Jahren wurde aus etwa 30—40 Elektrokardiogrammen der Durchschnittsrhythmusindex ermittelt. Dabei wurde so verfahren, daß möglichst von jedem einzelnen Altersjahrgang 3—4 Elektrokardiogramme ausgewertet wurden.

Die dabei erhaltenen Befunde bestätigen zunächst ganz allgemein die klinischen Beobachtungen, daß in jugendlichen Jahren die respiratorische Arhythmie weitaus stärker ausgeprägt ist als im Alter.

Sie kommt am stärksten zum Ausdruck im Alter von 5—15 Jahren. Der Durchschnitt des Rhythmusindex liegt hier bei 17,5. In der zweiten Altersgruppe von 16—25 Jahren ist bereits eine deutliche Abnahme der respiratorischen Arhythmie festzustellen, denn der Durchschnittsrhythmusindex liegt bei 12,4. Die Stärke der resp. Ar. nimmt mit zunehmendem Alter ständig ab. Zwischen 25 und 35 Jahren beträgt der

RJ noch 9,4, zwischen 35 und 45 Jahren RJ = 7,5, zwischen 45 und 55 Jahren RJ = 5,4, zwischen 55 und 65 Jahren RJ = 5,04, zwischen 65 und 75 Jahren RJ = 4,8. Für die letzte Altersgruppe, die einen Zeitraum von 15 Jahren umfaßt, von 75—90 Jahren, beträgt der Rhythmusindex noch 4,5.



Betrachtet man die graphische Aufzeichnung dieser Werte, so ist folgendes festzustellen:

In den jungen Jahren ist der Abfall des Rhythmusindex mit zunehmendem Alter sehr stark, d. h. die Stärke der respiratorischen Arhythmie nimmt zunächst schnell ab. Zwischen 45 und 55 Jahren ist ein gewisser Ruhewert erreicht, denn von nun ab wird mit zunehmendem Alter der Rhythmusindex nur langsam kleiner, die zuerst steil abfallende Kurve wird

flacher. Im Alter von 81 Jahren hat dann der Rhythmusindex einen Mittelwert von 4,5 erreicht.

II.

Eine weitere Aufgabe lag nun darin, die Streuung der Rhythmusindices von dem Durchschnittsrhythmusindex in den einzelnen Altersgruppen zu ermitteln. Es besteht dazu folgende Formel:

$$\mu = \sqrt{\frac{\Sigma\, \varsigma^2}{n-1}}$$

wobei μ der Grad der Streuung, ς die Differenz der einzelnen Rhythmusindices von dem Durchschnittsrhythmusindex einer jeden Gruppe und n die Anzahl der Fälle für eine Altersgruppe bedeutet. Für die erste Altersgruppe von 6—15 Jahren ergab sich eine Streuung von 5,92 = 33,7 % des Mittelwertes; der Streuungsbereich für den Rhythmusindex 17,5 liegt also zwischen 23,4 und 11,6. Etwa 70 % der Rhythmusindices dieser Gruppe fallen in diesen Bereich. In der zweiten Gruppe, von 16—25 Jahren, ist der Wert der Streuung = 3,83, was 30,9 % des Mittelwertes entspricht. Bei dem Rhythmusindex von 12,4 liegt der Bereich der Streuung zwischen 16,23 und 8,6; 68 % der Rhythmusindices fallen in diesen Bereich.

In der dritten Gruppe von 26—35 Jahren ist die Streuung = 3,69 = 39,2 %; 64,5 % der RJ dieser Altersgruppe fallen darunter.

Für die vierte Gruppe von 36 bis 45 Jahren ist die Streuung = 2,4 = 32 %; in den Streuungsbereich fallen 67 % der RJ.

Für die fünfte Gruppe Streuung = 1,69 = 31,3 %; 71 % der RJ fallen in diesen Bereich.

Für die sechste Gruppe Streuung = 1,97 = 39,1 %; 64,5 % der RJ fallen in diesen Bereich.

Für die siebente Gruppe Streuung = 1,43 = 30 %; 64,7 % der RJ fallen in diesen Bereich.

Für die achte Gruppe Streuung = 1,41 = 31,4%; 66,7% der RJ fallen in diesen Bereich.

Man erkennt an diesen Ergebnissen, daß sich die Streuung zwischen den einzelnen Altersgruppen zwischen 30 und 40% des jeweiligen Mittelwertes der Rhythmusindices bewegt, also ziemlich konstant bleibt. Ferner ist festzustellen, daß etwa 64—70% der Fälle in den Streuungsbereich fallen, was mit den Erwartungen der Fehlerrechnung übereinstimmt.

Mit Hilfe der Formel

$$\mu_m = \frac{\pm\mu}{\sqrt{n}}$$

wurde dann der wahrscheinliche Fehler des Mittelwertes für jede Altersgruppe bestimmt, wobei μ_m die Größe des Fehlers bedeutet. Aus unten angeführter Tabelle ist zu ersehen, daß der Fehlerbereich des Mittelwertes nicht über den Wert 1 hinausgeht und sich in den meisten Gruppen zwischen 0,2 und 0,6 bewegt, d. h. also, der wahrscheinliche Fehler des Mittelwertes ist sehr klein.

III.

Als Ursachen für die gefundene Streuung der Indexwerte lag es am nächsten, Beziehungen zu Unterschieden in der Schlagfrequenz als solcher zu vermuten. Denn von anderer Seite (besonders Wilhelmsen) ist gezeigt worden, daß die respiratorische Ruhe-Arhythmie ganz wesentlich von der Schlagfrequenz bestimmt wird.

Zur Beantwortung dieser Frage wurden deshalb die Rhythmusindices einer jeden Altersgruppe miteinander verglichen nach dem Gesichtspunkt, daß zunächst die mittlere Pulsfrequenz in jeder Altersgruppe bestimmt wurde. In fast allen Altersgruppen zeigte sich nun, daß die Rhythmusindices, die zu einer über dem Durchschnitt liegenden Pulsfrequenz gehörten, kleiner waren als die, deren zugehörige Pulsfrequenz

kleiner als die mittlere Pulszahl war, d. h. also, je höher die Schlagfrequenz des Herzens, desto geringer ist die respiratorische Arhythmie nicht nur, wie man bisher angenommen, in ihrem absoluten Betrag, sondern auch in Bezug auf die Schlagfrequenz selbst.

Diese Feststellung wird noch durch eine andere Beobachtung bekräftigt. Die nicht mehr in dem gefundenen Streuungsbereich des $\pm \mu$ liegenden Rhythmusindices liefern bei stark über dem Durchschnitt liegender Pulsfrequenz mehr oder minder nach unten über dem Streuungsbereich hinaus liegende Werte, während bei sehr geringer Pulsfrequenz die Streuungswerte nach oben hin überschritten werden.

Beim Vergleich der zu den Rhythmusindices (RJ_1 und RJ_2) für jede Gruppe ermittelten durchschnittlichen Alterszahl zeigte sich, daß die Personen mit einer über dem Durchschnitt liegenden Pulsfrequenz (Fr_1) bzw. einem unter dem Durchschnitt liegenden Rhythmusindex (RJ_1) im allgemeinen etwas jünger waren als die, deren Pulsfrequenz unter dem Durchschnitt (Fr_2) bzw. deren Rhythmusindex (RJ_2) über dem Durchschnitts-RJ lagen.

Die Untersuchungen von K ü h n e bestätigen in gewisser Hinsicht die Beobachtungen. Er fand nämlich, daß bei Herzschlagzahlen bis 135—140 in der Minute die respiratorische Arhythmie nur noch gering ist, und daß sie auch bei gesunden ruhenden Säuglingen und Kleinkindern mit noch größerer Pulszahl verschwindet. Ferner zeigt er, daß bei Säuglingen, die physiologisch eine hohe Schlagfrequenz haben, die respiratorische Arhythmie sehr wenig ausgeprägt ist.

Man könnte bei der Betrachtung der Ergebnisse einen Vergleich mit dem ruhenden bzw. dem durch einen langen Dauerlauf ermüdeten Sportler anstellen. Es wurde oben gesagt, daß nach großer Arbeitsleistung sich eine gewisse Reaktionslosigkeit des Herzens durch Übermüdung feststellen läßt. Das alte Herz würde also in dieser Hinsicht dem Herzen des ermüdeten Sportlers ähneln. Durch die vieljährige Arbeits-

leistung hat es von seiner Reaktionsfähigkeit eingebüßt; das jugendliche Herz dagegen ist noch sehr reaktionsfähig, was einer deutlichen respiratorischen Arhythmie entspricht.

Auch die größere Erregbarkeit des vegetativen Nervensystems und damit stärkere Erregbarkeit des Herzens könnte zum Vergleich herangezogen werden. Das Kind oder der jugendliche Mensch spricht viel leichter und stärker mit einem beschleunigten oder verlangsamten Herzschlag auf psychische Affekte, wie Schreck, Freude usw. an, als der Erwachsene. Die Amplitude der Erregungsfolgen ist bei ihm also sehr viel größer.

Zusammenfassung der Befunde.

Zusammenfassend hat sich also ergeben, daß die Stärke der respiratorischen Ruhe-Arhythmie von zwei Hauptfaktoren abhängt, dem Lebensalter und der Pulsfrequenz und zwar derart, daß die respiratorische Arhythmie mit zunehmendem Alter nachläßt und innerhalb ihres Altersausmaßes dann noch im einzelnen von der zugehörigen Schlagfrequenz in der bekannten Weise abhängig ist.

Zum leichteren Vergleich miteinander sind die ermittelten Werte in einer besonderen Tabelle angeführt. Die Erklärung der Einzelnen Bezeichnungen:

n = Anzahl der Fälle in den einzelnen Altersgruppen,
D = Durchschnittsalter in den Gruppen,
Fr = mittlere Pulsfrequenz. In Klammern die dazu errechnete Pulszeit,
M = RJ = durchschnittlicher Rhythmusindex (Mittelwert),
μ = Streuung,
$\mu\,^0/_0$ = Streuung in Prozent ausgedrückt,
μ_m = wahrscheinlicher Fehler des Mittelwertes,
J = Anzahl der Fälle in Prozent, die innerhalb des Streuungsbereiches liegen,
RJ_1 = Rhythmusindex für $Fr_1 > Fr$,
RJ_2 = Rhythmusindex für $Fr_2 < Fr$,

Fr_1 = mittlere Pulsfrequenz für die Fälle, deren Pulsfrequenz über der Durchschnittsfrequenz einer jeden Gruppe liegen. In Klammern die dazu errechnete Pulszeit.

Fr_2 = mittlere Pulsfrequenz für die Fälle, deren Pulsfrequenz unter der Durchschnittsfrequenz einer jeden Gruppe liegen. In Klammern die dazu errechnete Pulszeit.

N_1 = mittleres Alter für RJ_1,

N_2 = mittleres Alter für RJ_2.

	1. Gruppe 6–15 J.	2. Gruppe 16–25 J.	3. Gruppe 26–35 J.	4. Gruppe 36–45 J.	5. Gruppe 46–55 J.	6. Gruppe 56–65 J.	7. Gruppe 66–75 J.	8. Gruppe 76–90 J.
n	40	35	31	30	31	31	34	18
D	10,7	20,3	29,8	40,7	50,45	60,6	70,1	81,4
M RJ	17,5	12,4	9,4	7,5	5,4	5,03	4,8	4,5
μ	5,92	3,83	3,69	2,4	1,69	1,97	1,43	1,41
μ %	33,7%	30,9%	39,2%	32,0%	31,3%	39,1%	30 %	31,4%
μ_m	0,94	0,65	0,66	0,44	0,3	0,35	0,25	0,33
J	70 %	68 %	64,5%	67 %	71,0%	64,5%	64,7%	66,7%
RJ_1	15,2	9,0	8,6	6,4	5,1	4,8	5,1	4,7
RJ_2	19,6	13,5	10,1	8,1	5,6	5,3	4,4	4,05
Fr	83,4 (0,72)	76 (0,79)	74,5 (0,81)	75 (0,8)	76,5 (0,79)	74 (0,81)	78 (0,77)	71,4 (0,84)
Fr_1	89,9 (0,67)	88,5 (0,68)	84,8 (0,71)	85 (0,71)	85 (0,71)	84 (0,72)	87,6 (0,69)	77,5 (0,77)
Fr_2	74,8 (0,81)	65,2 (0,92)	66,0 (0,91)	64 (0,93)	63 (0,95)	64 (0,94)	67,7 (0,89)	61,6 (0,98)
N_1	9,5	19,2	28	39,4	49,1	59,9	68,1	78
N_2	11,4	21	31,2	42,1	53	61,5	73	86,2

Literaturverzeichnis.

1. Bainbridge: Physiol. 54 (1920). Zit. nach Schlomka.
2. Brugsch: Lehrbuch der Herz- und Gefäßkrankheiten. 1929.
3. Frédericq: Arch. d. Biol. Zit. nach Kühne.
4. Herbst: Verh. Dtsch. Ges. Kreislaufforschung. 8. 1935.
5. Hering, E.: Sitzungsber. Math. Nat. Kl. III; 64 (1871). Zit. nach Kühne.
6. Heymanns: Zit. nach Rothberger, Erg. Physiol. 32 (1931).
7. Kühne: Mtschr. f. Kinderheilkd. 1936, Bd. 66.
8. Lommel: Kl. Beobachtungen über Herzarhythmie. Naumburg 1902. Zit. nach Kühne.
9. Mackenzie: Lehrb. d. Herzkrankheiten.
10. Schlomka-Reindell: Arbeitsphysiologie, Bd. 8, Heft 2 1934.
11. Wenkebach: Die unregelmäßige Herztätigkeit und ihre klin. Bedeutung. Leipzig-Berlin 1914, 1927.

Zum Schluß möchte ich nicht verfehlen, Herrn Dozent Oberarzt Dr. Schlomka herzlichen Dank zu sagen für die freundliche Überlassung des Themas und für die Anregungen, die zum Gelingen der Arbeit beitrugen. Es ist mir ebenso eine angenehme Pflicht, dem Direktor der Med. Poliklinik, Herrn Professor Dr. Bürger, für die Überlassung der Elektrokardiogramme bestens zu danken.

Lebenslauf

Am 6. April 1913 wurde ich, Walter Buschmann, geboren als Sohn des Mittelschullehrers Heinrich Buschmann, Leutnant der Reserve und Adjutant, und seiner Ehefrau Karoline geb. Marré. Mein Vater starb den Heldentod in Frankreich am 20. September 1914. Nach vierjährigem Besuch der Vorschule in Oberhausen-Sterkrade besuchte ich daselbst von 1923—1932 das Reformrealgymnasium, an dem ich im Februar 1932 das Abitur bestand.

Studiert habe ich fünf Semester in Marburg, wo ich 1934 das Physikum gemacht habe, anschliessend zwei Semester in München und 4 Semester in Bonn und bestand im W.-H. 1937/38 das ärztliche Staatsexamen ebenfalls in Bonn.